

Einsiedler, Wolfgang

Wissensstrukturierung im Unterricht. Neuere Forschung zur Wissensrepräsentation und ihre Anwendung in der Didaktik

Zeitschrift für Pädagogik 42 (1996) 2, S. 167-192



Quellenangabe/ Reference:

Einsiedler, Wolfgang: Wissensstrukturierung im Unterricht. Neuere Forschung zur Wissensrepräsentation und ihre Anwendung in der Didaktik - In: Zeitschrift für Pädagogik 42 (1996) 2, S. 167-192 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-106515 - DOI: 10.25656/01:10651

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-106515>

<https://doi.org/10.25656/01:10651>

in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ JUVENTA

<http://www.juventa.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Zeitschrift für Pädagogik

Jahrgang 42 – Heft 2 – März/April 1996

Essay

- 149 FRITZ OSTERWALDER
Zum 250. Geburtstag Pestalozzis – rationale Argumentation oder
Kult des Pädagogischen

Thema: Wissensstrukturierung im Unterricht

- 167 WOLFGANG EINSIEDLER
Wissensstrukturierung im Unterricht. Neuere Forschung zur Wissens-
repräsentation und ihre Anwendung im Unterricht
- 193 WOLFGANG SCHNOTZ/THOMAS ZINK/MICHAEL PFEIFFER
Visualisierungen im Lehr-Lern-Prozeß
- 215 SABINE MARTSCHINKE
Der Aufbau mentaler Prozesse durch bildliche Darstellungen.
Eine experimentelle Studie über die Bedeutung der Merkmals-
dimensionen Elaboriertheit und Strukturiertheit im Sachunterricht
der Grundschule

Thema: Allgemeine Pädagogik

- 235 JÜRGEN OELKERS
Die Erziehung zum Guten: Legitimationspotentiale Allgemeiner
Pädagogik
- 255 EWALD TITZ
Exodus und Pädagogik. Die Exodus-Erzählung als Grundmuster der
kritischen Bildungstheorie Heydorns
- 277 KLAUS MOLLENHAUER
Über Mutmaßungen zum „Niedergang“ der Allgemeinen Pädagogik –
eine Glosse

Diskussion

- 289 HORST RUMPF
Fixierungen und Wahrnehmungsschwächen. Replik auf Beiträge von
Klaus Prange und Jürgen Diederich zum Thema „Kritik
didaktischer Moden“

Besprechungen

- 297 CRISTINA ALLEMANN-GHIONDA
Georg Auernheimer: Einführung in die interkulturelle Erziehung
Wolfgang Nieke: Interkulturelle Erziehung und Bildung.
Wertorientierungen im Alltag
- 303 HEINZ-ELMAR TENORTH
Georg Bollenbeck: Bildung und Kultur. Glanz und Elend eines
deutschen Deutungsmusters
- 305 PETER DREWEK
Martin Schmeiser: Akademischer Hasard. Das Berufsschicksal des
Professors und das Schicksal der deutschen Universität 1870–1920.
Eine verstehend soziologische Untersuchung

Dokumentation

- 309 Pädagogische Neuerscheinungen

Wissensstrukturierung im Unterricht

Neuere Forschung zur Wissensrepräsentation und ihre Anwendung in der Didaktik

Zusammenfassung

Der Beitrag geht der Frage nach, ob neuere Theorien der mentalen Wissensrepräsentation Anhaltspunkte für die Didaktik bieten, spezifische Methoden der Wissensstrukturierung im Unterricht zu entwickeln. Dazu werden u. a. Annahmen zur Kodierung des Wissens, zu Oberflächen- und Tiefenstrukturen, zu semantischen Netzwerken und zu multiplen Gedächtnissystemen referiert. Es wird erörtert, inwieweit Maßnahmen externer Strukturierung den internen Wissensaufbau und das Verstehen relationalen Wissens unterstützen können. In einem Abschnitt zur einschlägigen Unterrichtsforschung kommen Ergebnisse zu externer Darstellung kognitiver Strukturen, zu hierarchischer Strukturierung, zu Netzwerkdarstellung und zu Mapping-Techniken zur Sprache.

Unter Begriffen wie Aufbereitung des Lehrstoffes, Durchschaubarkeit des Gegenstandes und Verständlichkeit der inhaltlichen Darstellung ist das Problem der Wissensstrukturierung in der Didaktik seit langem bekannt. Es wurden Empfehlungen zur Sequenzierung und Elementarisierung komplexer Sachverhalte gegeben; vor allem in den naturwissenschaftlichen Fächern fanden und finden zweidimensionale Strukturdarstellungen (z. B. Graphiken zum Aufbau von Schaltungen, Verlaufsmodele) relativ breite Verwendung. Die Praxis dieser Wissensstrukturierung erfolgt jedoch weitgehend theorielos, und es gibt in der traditionellen Didaktik und in Begleittexten zu Lehrmaterialien so gut wie keine wissenspsychologisch begründeten Aussagen zur Funktion unterschiedlicher Strukturierungshilfen.

Häufig wird hinsichtlich der Wissensdarstellung mit dem herkömmlichen *Anschauungsbegriff* operiert, der sich meist auf Wahrnehmungsprozesse und auf Anschauungen als Ergebnisse („Vorstellungen“) bezieht. Angesichts einer Vielzahl von Forschungsbefunden zur kognitiven Repräsentation ist dieser Anschauungsbegriff unzulänglich, er vernachlässigt die grundlegenden Prozesse der Verarbeitung von Informationen in Tiefenstrukturen und das Zusammenspiel unterschiedlicher Modalitäten beim Aufbau der Repräsentationen.

Auch der *Strukturbegriff* selbst ist in der Didaktik in den 70er und 80er Jahren kaum weiterentwickelt worden, obwohl er zunächst als zentrales Konzept der bildungs- und der lerntheoretischen Didaktik galt (vgl. KLAFFKI 1966, S. 45; Deutscher Bildungsrat 1970, S. 79). Dies ist um so erstaunlicher, als neuerdings der Bildungsbegriff noch gezielter auf das *Verstehen von Strukturzusammenhängen* gerichtet ist (z. B. KÖSSLER 1988; KLAFFKI 1992) und sowohl in den natur- als auch in den sozialwissenschaftlichen Fächern Lernen komplexen Relationswissens und Denken in Zusammenhängen verstärkt Beachtung finden (z. B. Denken in ökologischen Vernetzungen).

In diesem Übersichtsartikel wird davon ausgegangen, daß für eine Didaktik der Wissensstrukturierung der herkömmliche Anschauungsbegriff nicht mehr ausreicht. Das Anschauungsprinzip ist zu einseitig auf sensorische Prozesse ausgerichtet, demgegenüber betonen die Repräsentationstheorien die symbolische Verarbeitung von Informationen. Für den Bereich der „inneren Anschauungen“ oder „Vorstellungen“ gibt es inzwischen hochdifferenzierte Forschungsergebnisse zur sogenannten „analogen Repräsentation“. Im 1. Teil dieses Beitrages kommen neuere Ansätze der kognitiven Verarbeitung sowie Annahmen zur analogen und symbolischen Wissensrepräsentation zur Sprache. Im 2. Teil wird nach möglichen Beziehungen zwischen externer Strukturierung im Unterricht und interner, abstrahierender Strukturbildung gefragt, wobei über den Schemabegriff und den Strukturbegriff ein Zugang zum Konzept „Verstehen“ gesucht wird. Der 3. Teil ist Ergebnissen der Unterrichtsforschung zur Wissensstrukturierung mit logischen Hilfen gewidmet (zu Ergebnissen der Bildforschung vgl. DREWNIAK/KUNZ 1992).

1. Theoretische Annahmen zur Wissensrepräsentation

1.1 Informationsverarbeitung/Symbolismus

Der Grundgedanke einer theoriegeleiteten Optimierung der Wissensstrukturierung im Unterricht ist, daß die wissenspsychologische Forschung Aussagen bereitstellt, die direkt (z. B. für Unterrichtsmethoden) oder indirekt (als Hintergrundwissen) in der Didaktik nutzbar sind. Wissensrepräsentation wird als zentraler Teil des Informationsverarbeitungsprozesses untersucht. Trotz unterschiedlicher Auffassungen über Details herrscht ein breiter Konsens über Komponenten und Prozesse der Informationsverarbeitung, und man spricht sogar vom „klassischen Modell“ (LEVELT 1993). Zu den Bestandteilen des Informationsverarbeitungsmodells zählt man verschiedene Gedächtnissysteme, Verarbeitungsebenen und die Wissensrepräsentation. Prozesse bei der Informationsverarbeitung sind u. a. die Wahrnehmungsvorgänge, Erwartungs- und Selektionsstrategien, interne Transformationsmechanismen und die Anwendung von Metaregeln (OPWIS/LÜER 1994).

Sowohl die neurophysiologische Forschung (vgl. WEISKRANTZ 1991) als auch die kognitionspsychologische Forschung (vgl. ANDERSON 1983; ENGELKAMP 1990) setzen bei der Informationsverarbeitung zwei Speichersysteme an, nämlich das Arbeitsgedächtnis und das Langzeitgedächtnis. In umfangreichen empirischen Forschungen konnte gezeigt werden, daß wir im Arbeitsgedächtnis nicht nur mit abstrahierten Einheiten, sondern auch mit analogen Repräsentationen umgehen. Aufgrund dieser Forschung sind detaillierte Aussagen zur internen Repräsentation von Strecken, von Flächen (z. B. von Landkarten) und von dreidimensionalen Körpern möglich (zusammenfassend FINKE/SHEPARD 1986). Analoge Repräsentationen äußerer Gegebenheiten können gedächtnisentlastend wirken, sie führen aber noch nicht automatisch zur Verbesserung des Problemlösens (STEINER 1988). Im Langzeitgedächtnis wird begriffliches Wissen, relationales Wissen, Wissen über visuelle Phänomene, prozedurales Wissen u. a. m. abstrakt-symbolisch gespeichert (ANDERSON

1983; LEVELT 1993; LE NY 1993). Nach ANDERSON (1983, S. 75 f.) ist es aus gedächtnisökonomischen Gründen notwendig, bei der Speicherung im Langzeitgedächtnis Einzelheiten wegzulassen und abstrakte Symbole zu verarbeiten. Die Einzelheiten würden eher belasten und es verhindern, direkt mit den Wissensrelationen und mit Regelsystemen umzugehen.

Nach KOSSLYN (1980) ist zwischen Oberflächenstrukturen im Arbeitsspeicher und Tiefenstrukturen im Langzeitgedächtnis zu unterscheiden. Die Transformationen von den Oberflächen- in die Tiefenstrukturen sind für die Didaktik sowohl hinsichtlich sprachlich als auch bildlich vermittelten Lernens die entscheidenden. Vom sprachlichen Lernen weiß man, daß in den Tiefenstrukturen abstrahiert wird und semantische Gehalte gespeichert werden, die in unterschiedlichen sprachlichen (Oberflächen-)Formen wiedergegeben werden. Für das Lernen mit Bildern ist anzunehmen, daß analoge Vorstellungen davon zu Inhalten der Prozesse im Arbeitsgedächtnis werden und die wichtigen Elemente daraus sowie die Relationen (z. B. Modellvorstellungen) im Langzeitgedächtnis symbolisch gespeichert werden. Die Frage ist, ob didaktische Darstellungshilfen für Relationen die Speicherung des Strukturwissens belasten oder ob sie beim Problemlösen wieder als Hilfen abgerufen werden (vgl. dazu die empirischen Arbeiten in diesem Thementeil).

Hinsichtlich der Organisation des Langzeitgedächtnisses besteht weitgehend Einigkeit darüber, daß abstrakte Konzepte und Propositionen netzwerkartig gespeichert werden. Propositionen sind die semantischen Tiefenstrukturen, bestehend aus den Argumenten (Subjekten, Objekten etc.) und den Prädikaten (den Aussagekernen); Beispiel: die Argumente „Napoleon“, „Waterloo“, das Prädikat „wurde besiegt in“ (vgl. AEBLI 1980; BALLSTAEDT u. a. 1981). Für die Annahme der abstrahierten netzwerkartigen Speicherung sprechen empirische Befunde zu Distanzen zwischen kodierten Begriffen, zur unterschiedlichen Aktivierungsausbreitung in Begriffsnetzen mit, versus ohne Themenzusammenhang sowie zum Wiedererkennen abstrakter semantischer Kerne unabhängig von der Oberflächenstruktur (vgl. Abbildung 1; ANDERSON 1983, 1988; HERRMANN 1985; OPWIS/LÜER 1994).

1.2 Konzepte und Modellvorstellungen zur kognitiven Verarbeitung

In der wissenspsychologischen Literatur wird meist zwischen Schematheorien, Produktionssystemen und Annahmen zu mentalen Modellen unterschieden. Nach RUMELHART (1980) sind *Schemata* die Bausteine oder Einheiten der Repräsentation. Schemata können in der kognitiven Organisation zu Superschemata integriert werden (z. B. das Schema „bezahlen“ im übergeordneten Schema „einkaufen“) oder zu Subschemata ausdifferenziert werden. Vor allem in entwicklungspsychologischer Sicht hat die Annahme der Integration und der Ausdifferenzierung der Schemata Vorteile (vgl. KRIST/WILKENING 1993), ähnliches gilt für den Vergleich von Novizen- und Expertenwissen (vgl. SHUELL 1990). Der Schemabegriff hat aber auch den Nachteil einer zu weiten Begriffsextension; er wird für kleinste Einheiten wie Grapheme ebenso verwendet wie

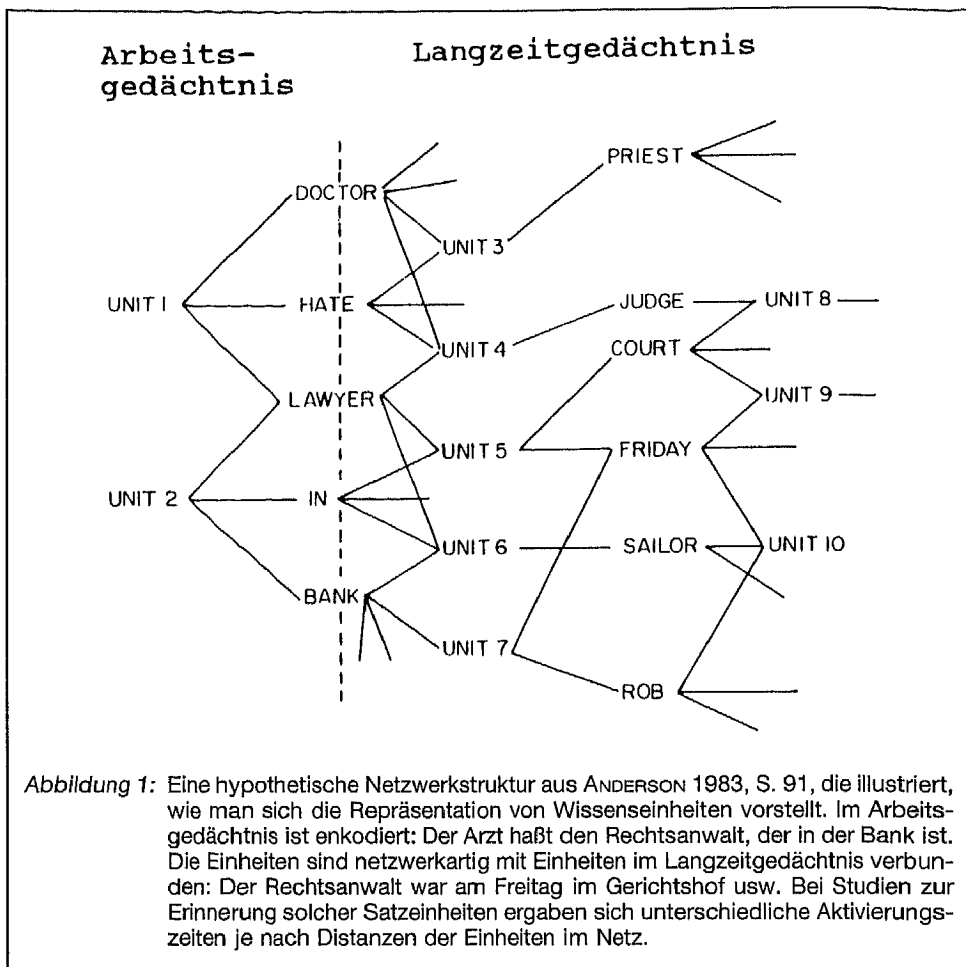


Abbildung 1: Eine hypothetische Netzwerkstruktur aus ANDERSON 1983, S. 91, die illustriert, wie man sich die Repräsentation von Wissensseinheiten vorstellt. Im Arbeitsgedächtnis ist enkodiert: Der Arzt haßt den Rechtsanwalt, der in der Bank ist. Die Einheiten sind netzwerkartig mit Einheiten im Langzeitgedächtnis verbunden: Der Rechtsanwalt war am Freitag im Gerichtshof usw. Bei Studien zur Erinnerung solcher Satzeinheiten ergaben sich unterschiedliche Aktivierungszeiten je nach Distanzen der Einheiten im Netz.

für umfängliche Konfigurationen komplexen Wissens und hierarchisch gegliederten Handelns (RUMELHART 1980) (vgl. auch Abschnitt 2.3).

Produktionssysteme funktionieren nach dem grundlegenden Muster der Herstellung einer Beziehung zwischen einer Wenn-Bedingung und einer dazu erforderlichen Dann-Aktion (z. B.: Wenn schriftlich addieren, dann ...). Nach ANDERSON (1983) verläuft die gesamte menschliche Informationsverarbeitung nach solchen Wenn-Dann-Entscheidungen. OPWIS und LÜER (1994) zeigen am Beispiel geometrischer Kongruenzbeweise den Ablauf des Produktionssystems nach ANDERSON auf und führen auch seine didaktische Nützlichkeit hinsichtlich einer Problemreduktion vor. Allerdings scheinen Produktionssysteme vornehmlich für prozedurales Wissen relevant zu sein. Für deklaratives Wissen und vor allem für bedeutungshaltiges Relationswissen, wie es für viele Schulfächer typisch ist, scheint das Muster der Wenn-Dann-Entscheidungen weniger angebracht zu sein.

Das Konstrukt der *mental*en Modelle wurde zunächst eingeführt, um bild-analoge Wahrnehmungs- und Problemlöseprozesse im Arbeitsgedächtnis zu bezeichnen. Nach SEEL (1986, S. 389) sind mentale Modelle Vermittler zwischen der konkret-anschaulichen und der abstrakt-symbolischen Repräsentation. Sie transformieren die im Langzeitgedächtnis gespeicherten amodalen Informationen in bildlich konkrete (z. B. Vorstellung eines Erdteils), in schematisierte (z. B. Vorstellung eines Schaltkreises) und in andere Repräsentationen (bei Musik z. B. auch in eine Melodie) (vgl. GENTNER/STEVENS 1983; JOHNSON-LAIRD 1983). Mentale Modelle haben aber auch weitergehende Funktionen im Sinne der Einordnung von Einzelwissen in handlungsleitendes Weltwissen und im Sinne der selektiven Wahrnehmung von Einzelphänomenen und Bedeutungszusammenhängen. Neuerdings gibt es eine interessante Auseinandersetzung darüber, ob mentale Modelle auch den Wissensaufbau in Form eigenständiger Ganzheiten im Langzeitgedächtnis bestimmen oder ob sie nur transitorische Produkte im Arbeitsspeicher sind (vgl. BREWER 1987; GLENBERG/LANGSTON 1992; DUTKE 1993).

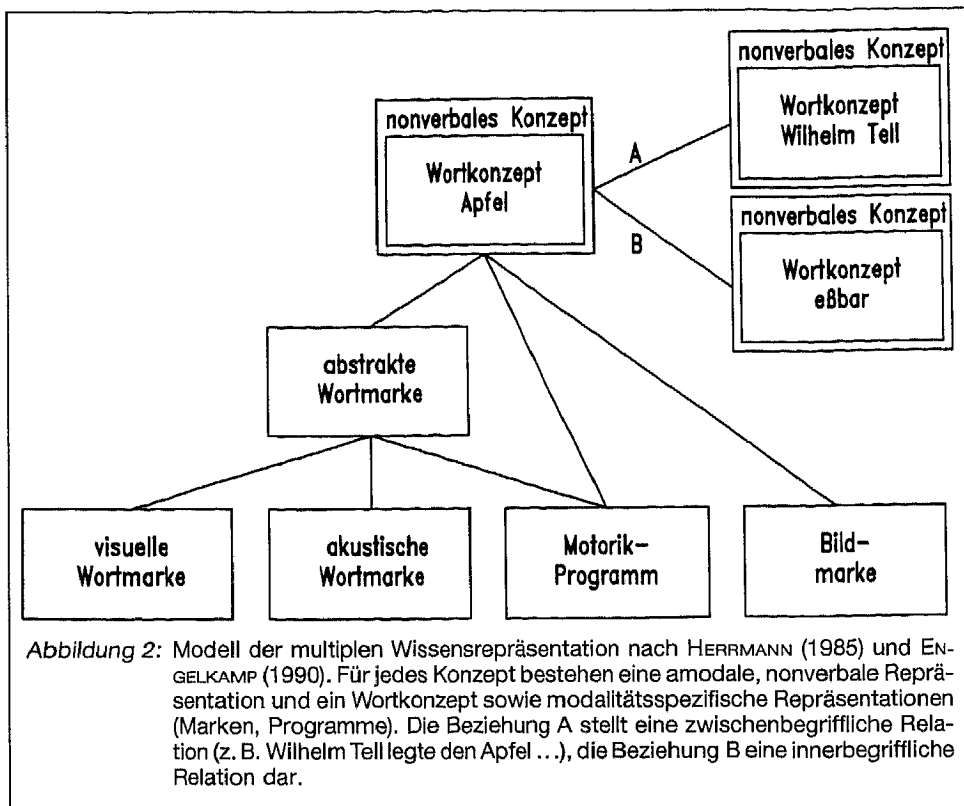
Für die Didaktik dürfte es wenig nützlich sein, nur eine Theorie der kognitiven Verarbeitung als Bezugsrahmen für Maßnahmen der Wissensstrukturierung heranzuziehen. Die drei genannten Ansätze sind auch nicht scharf voneinander zu trennen. ANDERSON (1983), der Hauptvertreter der Produktionssysteme, integriert z. B. in seine Theorie auch den schematheoretischen Ansatz. Das Konstrukt der mentalen Modelle ist geeignet, Konfigurationen zwischen Einzelschemata sowie Transformationen von Repräsentationsmodi in verschiedenen Wissenstheorien zu beschreiben.

1.3 Kodes/multiple Repräsentation

In der Literatur zur Lernmethodik ist immer noch die Einteilung des Lernens nach den Sinnesmodalitäten visuell, akustisch und haptisch weit verbreitet. Diese Unterscheidung ist wenig hilfreich, weil sie die eigentlichen Kodierungsformen bei der kognitiven Repräsentation nicht differenziert genug erfaßt (WEIDENMANN 1993, S. 17); so wären z. B. Lernen mit Text und Lernen mit Bildern der gleichen Lernweise zuzuordnen (visuell), obwohl unterschiedlichste Verarbeitungsprozesse angesprochen werden.

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen verbalen und nonverbalen Kodes. Zu den verbalen Kodes gehören die Schriftsprache (visuelle Zeichen) und die Lautsprache (akustische Zeichen). Zu den nonverbalen Kodes zählt man bildliche oder piktoriale, numerische, Geräusch-, Motorik- und andere Kodes (ENGELKAMP 1990; WEIDENMANN 1993). Bei den piktorialen Kodes teilt man in der Forschung zum Lernen mit Bildern (WEIDENMANN 1994; SCHNOTZ 1994b) nach „Abbildern“ (Kodes für realistische zwei- und dreidimensionale visuelle Phänomene) und „logischen Bildern“ (Kodes für die Darstellung abstrakter Beziehungen zwischen Konzepten, z. B. Graphiken, Diagramme, Pfeile) ein.

Die in der Wissenspsychologie jahrelang geführte Kontroverse über die Zahl der Kodierungssysteme im Langzeitgedächtnis wird hier nicht noch einmal nachgezeichnet (vgl. die Darstellungen bei MOLITOR u. a. 1989; OPWIS/LÜER



1994). Für die Didaktik bedeutsam ist die Dual-Code-Theorie von PAIVIO (1986), weil in ihrem Rahmen – entsprechend der Annahme eines verbalen und eines nonverbalen Kodierungssystems – Behaltensvorteile für Text-Bild-Kombinationen gefunden und mit der gegenseitigen Stützung durch die beiden Repräsentationssysteme erklärt wurden (vgl. SCHNOTZ/ZINK/PFEIFFER in diesem Heft). ANDERSON (1983, 1988) unterscheidet folgende Kodierungsformen:

- (a) Repräsentation zeitlicher Reihen (z.B. Abfolge eines geometrischen Beweises),
- (b) Repräsentation räumlicher Bilder (z.B. geometrische Formen),
- (c) abstrakt-propositionale Repräsentation (z.B. logische Interpretation des Beweises).

ANDERSON spricht von verwickelten und hybriden Repräsentationen aus Bedeutungsnetzen, linearen Strukturen und analogen Images. Jede Kodierungsform habe spezifische Funktionen, die die andere nicht leiste, z.B. Ablaufprozesse bei inneren Bildern (1983, S. 60).

Die neuroanatomische und die neuropsychologische Forschung hat inzwischen eine Fülle von Befunden zur multiplen Enkodierung und zu multiplen Prozeßsystemen erarbeitet (vgl. das „Multiple-Entry-Modular-Memory-Sys-

tem“ von JOHNSON 1990; außerdem SHIMAMURA 1990; WEISKRANTZ 1991). In der deutschsprachigen Psychologie liegen zwei Repräsentations- bzw. Gedächtnistheorien vor, die sehr elaborierte Angaben zu sensorischen Modalitäten, zu semantischen Merkmalen und zu amodalen Charakteristiken der Repräsentation machen. Die Theorie von HERRMANN (1985) hat den Vorteil, daß sie zwischen mehreren Wortmarken und Nichtwortmarken eines repräsentierten Konzepts unterscheidet: Ein Konzept (z.B. Apfel) ist nonverbal-abstrakt und als Wort gespeichert. Die multimodale Repräsentation besteht aus folgenden „Marken“ (S. 85): Bildmarke, Geräuschmarke, Bewegungsmarke, semantische Marke (z.B. eßbar), Wort-Bildmarke, Wort-Lautmarke, Wort-Bewegungsmarke, Wort-Semantikmarken. ENGELKAMP (1990) entwickelte eine multimodale Gedächtnistheorie auf der Grundlage von Experimenten zu modalitätsspezifischen Enkodierungen. Er unterscheidet ebenfalls zwischen einem nonverbalen konzeptuellen System und Wortkonzepten. Die Konzepte sind jedoch nicht wie bei HERRMANN nur temporäre Ensembles, sondern in überdauernden Strukturen organisiert sowie durch inner- und zwischenbegriffliche Relationen semantisch bestimmt. Die Konzepte sind durch Marken multimodal repräsentiert (s. Abbildung 2).

Die Repräsentationen für motorische Aktivitäten werden Programme genannt. Unterhalb der Marken werden sensorische Merkmale angesetzt, die die „Bausteine“ der Marken bilden, z. B. Muskelbewegungen für motorische Programme. Für Wortkonzepte nimmt ENGELKAMP zusätzlich zu den sensorisch bestimmten Wortmarken (Wortbild, Lautgestalt) abstrakte Wortmarken an; sie enthalten syntaktische und semantische Informationen. Zur Illustration der multimodalen Repräsentationstheorien läßt sich das Phänomen des „Es liegt mir auf der Zunge“ heranziehen: In solchen Fällen aktiviert man u. U. das Konzept (z. B. der Kollege ...), semantische Relationen (er forscht zur Schulverwaltung), die Bildmarke (er ist blond), die visuelle Wortmarke (sein Name fängt mit Br an), aber man kann das Sprechprogramm nicht abrufen.

1.4 Wissensstrukturen

Wie erwähnt, weiß man aus der Forschung zum Lernen mit Texten, daß im Langzeitgedächtnis „entschlackte“ oder „extrahierte“ Konzepte und Propositionen gespeichert werden (AEBLI 1980, 1981; ANDERSON 1983, 1988). Die Strukturen des Wissens bestehen jedoch nicht aus Listen von Konzepten und Propositionen, sondern aus *semantischen Netzwerken*. Die frühe Forschung zu den semantischen Netzwerken befaßte sich überwiegend mit taxonomischen Strukturen im Netz (z.B. QUILLIAN 1969, mit Konzepthierarchien zum Tierreich). Später beurteilte man diesen Ansatz eher skeptisch, da sich bei Experimenten zur Aktivierungsausbreitung im Netz nicht nur die taxonomischen Strukturen als bedeutsam erwiesen, sondern je nach Aktivierungs- oder Assoziationsstärke auch ganz andere Informationen abgerufen wurden (OPWIS/LÜER 1994, S. 25). Trotz der Relativierung taxonomischer Strukturen von Begriffen hält man jedoch am Prinzip der *hierarchischen Organisation des Wissens* fest. Superschemata helfen, neue Informationen einzuordnen, durch Subschemata wird das Wissen immer spezifischer. Die hierarchische Struktu-

rierung gilt auch für visuelle Informationen. Nach ZIMMER (1983) sind Bilderinnerungen und Bildanalysen ebenfalls nach weiteren und engeren Schemata gefaßt, und man verwendet spezifische Schemata (Was? Wo?) zur Suche in und zur Strukturierung von Bildern.

Für die Didaktik wären besonders Aussagen über die Organisation von „Groß-Wissensstrukturen“ (ANDERSON 1983, S. 76) relevant, die über das Prinzip der hierarchischen Strukturierung hinausgehen. In vielen Lernbereichen sollen *Systemkenntnisse* erworben werden, d. h. umfangreiche und komplexe Konfigurationen aus Konzepten und Relationen sowie vielschichtiges Wissen aus Einordnungen, Erklärungen, Vergleichen, Bewertungen usw. (z. B. in Geschichte: Konflikte zwischen Kaisertum und Papsttum im Mittelalter; in der Ökologie: System Wald, System Kohlendioxid-Sauerstoff-Kreislauf). Obwohl dem systematischen Wissen und vielschichtigen Erklärungswissen hohe Bedeutung zugemessen wird, sind diese Bereiche in der Wissensforschung vernachlässigt (ENTWISTLE/MARTON 1994; vgl. auch den Abschnitt über Systemwissen bei AEBLI 1981, S. 195 ff., der lediglich auf die Einebnung von Teilschemata zu System- und Weltwissen abhebt).

Zur Klassifikation der Wissensstrukturen gehören auch die *mental Modelle*, vor allem wenn sie relationales Wissen abbilden oder strukturieren helfen (z. B. biologische Abläufe, die man nicht wahrnehmen kann, wie „Nahrungskette“, oder historische Zusammenhänge). Weitere Ausführungen dazu finden sich in den folgenden Beiträgen dieses Thementails.

2. Interne und externe Wissensrepräsentation

2.1 Kultivierung interner Strukturen durch externe Strukturierung?

Prozeßannahmen zur Informationsverarbeitung werden seit längerem in präskriptive Aussagen für Lehren und Lernen umgesetzt, vor allem in solche zur schrittweisen Interiorisation des Wissens von konkreten Darstellungen zur abstrakt-symbolisierten Verarbeitung. Für Annahmen zur internen Strukturiertheit des Wissens in der mentalen Repräsentation sind Umsetzungen in Handlungsempfehlungen für Maßnahmen externer Wissensstrukturierung im Unterricht und in Medien schwieriger. Kann man durch entsprechende externe Repräsentation des Wissens in Strukturdarstellungen den Aufbau interner Strukturen kultivieren?

Gegen eine einfache Korrespondenz externer Strukturdarstellung und interner Repräsentation steht eine ganze Reihe von Argumenten: Kognitive Strukturen sind kein Abbild der Realität, sondern ein flexibles Gebilde abstrakter Symbole, Pläne, Operationen, Regeln usw. Der Aufbau der internen Strukturen ist eine konstruktive, stark vom individuellen Vorwissen bestimmte Leistung. OPWIS und LÜER (1994) regen sogar an, auf den Repräsentationsbegriff zu verzichten und dafür von interner Konstruktion oder Rekonstruktion zu sprechen. STRITTMATTER und SEEL (1984, S. 14) führen gegen eine naive Kultivierungsthese prozeß- und gedächtnistheoretische Aussagen ins Feld: Die Konstruktion der internen Strukturen ist mit vorgängigen Schemata kombiniert, und im Langzeitgedächtnis wird amodal gespeichert, d. h., man kann

nicht annehmen, daß etwa räumliche Strukturdarstellungen (z. B. thematische Landkarten) auch in räumlichen Codes gespeichert werden.

Um die Probleme der Korrespondenz von externer Darstellung und interner Repräsentation einer Lösung näher zu bringen, ist angewandte Forschung erforderlich, etwa zu der Frage, ob mit Pfeildarstellungen für Beeinflussungsmuster eine Ursache-Wirkungs-Relation beim Lernen besonders akzentuiert und als Tiefenstruktur behalten wird oder ob bereichsspezifisch eine verbale Darstellung die Bedeutungsstruktur treffender und vielschichtiger zutage treten läßt. Dies wäre angewandte Forschung zum Kode oder Format der externen Darstellung (vgl. Ergebnisse Teil 3). Außerdem ist Forschung zum Grad der strukturierenden Aufbereitung der Lehrinhalte bei der Unterrichtsplanung erforderlich. Eine vereinfachende These hierzu lautet: Der Lehrstoff sollte nicht zu stark vorstrukturiert, sondern in einem mittleren Schwierigkeitsgrad belassen werden, damit Anlaß besteht, in einer Art Entdeckungslernen die Strukturen selbst herauszufinden (vgl. zum Pro und Kontra dieses Arguments für das Lernen mit Texten SCHNOTZ 1994a, S. 253 ff.). Als pauschale Gegenposition zur Kultivierungsthese ist die Empfehlung einer mittleren Vorstrukturierung wenig hilfreich. Sie berücksichtigt weder die Bereichs- noch die Adressatenspezifität der Wissensaufbereitung und thematisiert auch nicht die Art der Strukturierungshilfen. Aus der Forschung zur Unterrichtsqualität ist bekannt, daß ein hoher Strukturierungsgrad im Sinne von Kleinschrittigkeit und Zusatzhinweisen ein sehr wirksamer Unterrichtsfaktor ist (WEINERT u. a. 1989). Unter diesem Gesichtspunkt ist es besser, eine optimale Strukturierung des Lehrstoffes vorzunehmen und gleichzeitig Fragen, Aufgaben und Problemstellungen vorzusehen sowie widersprüchliche und konfliktthaltige Sachverhalte deutlich zu machen, die das selbständige Entdecken stimulieren.

2.2 Multiple externe Repräsentation?

Die unter dem Stichwort „multiple Repräsentation“ dargestellten Aussagen zur vielfältigen Kodierung von Begriffen und Relationen durch Bildmarken, Handlungsprogramme, Wortmarken usw. legen die Vermutung nahe, hier würden von seiten der Wissenspsychologie bekannte Unterrichtsprinzipien wie „Veranschaulichung“, „mit allen Sinnen lernen“ und eine „multimediale“ Unterstützung des Lernens begründet. Diese Sichtweise greift jedoch zu kurz, wenn mit den Prinzipien „Veranschaulichung“ bzw. „multimediale Darstellung“ nur die sensorische Ebene gemeint ist, die Unterschiede zwischen Sinneskanälen und Kodierungsformaten nicht beachtet sowie die Abstraktionsprozesse bei der eigentlichen Strukturbildung im Langzeitgedächtnis vernachlässigt werden.

Zunächst ist festzuhalten, daß aus der Forschung zur multiplen Repräsentation von ENGELKAMP (1990) selbst eine Reihe von Befunden vorliegt, die besseres Behalten von Wörtern und Sätzen nachweisen, wenn das Lernen der Wörter und Sätze durch Handlungen bzw. durch Bilder unterstützt wurde. ENGELKAMP (1990, S. 242 ff.) spricht vom „Tu-Effekt“: Listen aus einfachen Phrasen wie „Papier falten“, „Draht biegen“, „Haare kämmen“ wurden besser behalten, wenn die Versuchspersonen durch Gestik die jeweiligen Handlungen

nachvollzogen. Das eigene Tun war effektiver als das Beobachten des Vormaehens der Handlung durch den Versuchsleiter; in einem weiteren Experiment zeigte sich, daß das Handeln mit konkreten Gegenständen (Papier, Draht etc.) behaltenswirksamer war als das fiktive Handeln.

Zum Vorteil des Lernens mit Bildmaterial gegenüber Lernen nur mit Text gibt es Studien von ENGELKAMP (1990), PAIVIO (1986) u. a. Vor allem sei in diesem Kontext auf die umfangreichen Forschungen zu informierenden und speziell zu den „logischen Bildern“ hingewiesen, die für Schullernen ökologisch valider sind als die Laborstudien zu einfachem Material von ENGELKAMP: In mehreren Metaanalysen zeigte sich als übereinstimmendes Ergebnis, daß Bildmarken offensichtlich eine besonders unterstützende Funktion für Lernen und Behalten haben, speziell wenn es sich um Bilder handelt, die durch didaktische Aufbereitung eine aufmerksamkeitssteuernde, organisierende und interpretierende Funktion haben (LEVIE/LENTZ 1982; LEVIN u. a. 1987; WEIDENMANN 1994; SCHNOTZ 1994b).

Gegen ein zu einfaches Verständnis „multisensorischen Lernens“ sprechen allerdings folgende Sachverhalte: Es kann bereits bei der Wahrnehmung zu Störungen kommen, wenn Sinneskanäle durch zuviel und durch unterschiedliche Information belastet werden (BALLSTAEDT 1988). Ähnliches gilt für Störungen innerhalb einer Kodierungsart oder zwischen Kodierungsarten; so müssen Wortmarken sehr genau zu Bildern passen, wenn keine Interferenzen entstehen sollen; beim Lernen abstrakter Sätze können unter bestimmten Bedingungen Aufforderungen zur Visualisierung stören. Nach ENGELKAMP und ZIMMER (1990) sind das semantische, das visuelle und das auditive System sehr unterschiedlich organisiert, je nach Aufgabe kann eine visuelle oder auditive Zusatzinformation helfen oder stören.

Das Hauptdefizit der Prinzipien „Veranschaulichung“ bzw. „multimedial darstellen“ ist jedoch, daß sie den relationalen und häufig komplexen Charakter deklarativen Wissens in Lernaufgaben vernachlässigen. Die Funktion der „Veranschaulichung“ und die eigentliche Konstruktion der Tiefenstruktur soll mit folgendem Beispiel verdeutlicht werden:

Ein Zwischenergebnis historischen Lernens zur Weimarer Republik könnte lauten: „Der Aufstieg der NSDAP und Hitlers ist u. a. auf die Unterstützung durch Hugenberg's Presse und durch Teile der Großindustrie zurückzuführen.“ Propositional gesehen setzt sich diese Aussage aus mehreren Argumenten (NSDAP, Hitler, Aufstieg, Hugenberg ...) und dem Prädikat „ist zurückzuführen“ zusammen. Es ist anzunehmen, daß einige Subjekte und Objekte dieser Aussage relativ gut enkodiert und behalten werden, vor allem wenn sie durch entsprechende Bildmarken, vielleicht auch auditive Marken, gestützt werden (NSDAP, Hitler, Hugenberg). Problematischer sind die abstrakten Konzepte „Aufstieg“ und „Unterstützung“, sie können jedoch eventuell durch Operationalisierung konkreter gemacht und mit Bildmarken versehen werden (z. B. Graphiken zu Wahlergebnissen und Geldzuwendungen). Der semantische Kern der Aussage ist das Verb „ist zurückzuführen“ oder bedeutungsgleich „wurde gefördert“, „hängt zusammen mit“, „ist erklärbar“. Verben, vor allem abstrakte Verben, werden schlechter behalten als Substantiva (ENGELKAMP 1990, S. 442 ff.). Die im Rahmen der Theorien zur multiplen Repräsentation durchgeführten Studien zur behaltensfördernden Wirkung des Handelns helfen im Falle der in unserem Beispiel anstehenden Semantik nicht weiter. Der Lernende muß selbst die Wissensstruktur (a) „Hugenberg unterstützte Hitler“, (b) „Großindustrie unterstützte Hitler“, (c) „beides führte u. a. zum Aufstieg Hitlers“ konstruieren. Entsprechend der Theorie der semantischen Netzwerke muß der Lernende also mehrere Knoten und Relationen bilden und sie in einer übergeordneten Proposition verknüpfen. Die zentrale Verarbeitungsleistung ist in unserem Beispiel die Symbolisierung von (a)

und (b) und die integrative Symbolisierung von (c). Es ist anzunehmen, daß in der mentalen Repräsentation Symbolbildungen nicht nur für Konzepte, sondern auch für relationales Wissen, für Modellwissen, für Systemwissen usw. stattfinden (ENGELKAMP 1990, S. 464); anders wäre nicht zu erklären, daß Lernende, die einen Zusammenhang verstanden haben, das Relationswissen in unterschiedlichen Oberflächenstrukturen produzieren können.

Die sensorische und mediale Repräsentation eines Themas haben zwar eine wesentliche Hilfsfunktion, die eigentliche Tiefenstrukturbildung ist jedoch eine abstrakt-symbolische Konstruktion. Ohne Bilder von Hugenberg, Hitler usw. und Graphiken von Wahlergebnissen etc. wäre die Strukturbildung schwieriger; sie sind sozusagen die „Anker“ der abstrakten Struktur im sensorischen Bereich. Selbst bei Themen, die konkreter sind (z. B. geographische Sachverhalte) und mit denen in Simulationsspielen handelnd umgegangen werden kann, hat sich gezeigt, daß das Simulieren für Strukturlernen nicht ausreicht und Lernhilfen zur Strukturbildung hinzutreten müssen (LEUTNER 1992).

2.3 Strukturbildung als Differenzierung und Integration

In den Didaktiken der Fächer, in denen es primär um den Erwerb deklarativen Wissens geht, dürften sich aus den neuen Theorien der mentalen Repräsentation Folgen für die Bildung von Themensequenzen und für den Aufbau vernetzten Wissens ergeben. Grundlegend kann dabei die Sichtweise von RUMELHART und NORMAN (1978) sein, die den Lernbegriff radikal schematheoretisch umformulierten, sowie ein Verständnis des Wissenserwerbs als Differenzierung und Integration. Die schematheoretische Sichtweise besagt, daß im frühen Kindesalter durch umweltbezogenes Handeln Schemata erworben werden und aus diesen allmählich kognitive Konzepte entstehen, die wie Leerstellen auf verschiedene Situationen anwendbar sind. Die Leerstellen wirken beim Lernen neuer Inhalte wie Erwartungen, sie werden aus dem neuen Bedeutungszusammenhang heraus inhaltlich gefüllt („instantiiert“) (vgl. die Beispiele bei STEINER 1988, S. 191; zur parallelen Entwicklung der Verarbeitungskapazität und kulturell bestimmter inhaltlicher „Füllungen“ der Schemata aus neopiatetscher Sicht s. CASE 1992).

Neben der Hinzufügung neuer Schemata durch Wissenszuwachs („accretion“) haben für einen schematheoretischen Lernbegriff nach RUMELHART und NORMAN (1978) vor allem die Prozesse der Feinabstimmung („tuning“) und der Umstrukturierung („restructuring“) Bedeutung. Bei der *Feinabstimmung* werden Schemata ausdifferenziert, z.B. mit neuen semantischen Merkmalen versehen oder in ihrer Anwendbarkeit ausgedehnt und verfeinert. Beispiel: Das Schema „Revolution“ wird daraufhin überprüft, ob es für die russische Oktoberrevolution 1917 ebenso anwendbar ist wie für die Revolution 1918 in Deutschland. Die Feinabstimmung kann zur Generalisierung eines Schemas (allgemeinere Anwendbarkeit) oder zur Spezifizierung (z. B. Unterscheidung verschiedener Formen von Revolution) führen. – Bei der *Umstrukturierung* werden die kognitiven Strukturen neu organisiert. Konzepte, die bisher nicht im Zusammenhang gesehen wurden, werden miteinander in Verbindung gebracht. RUMELHART und NORMAN (1978, S. 46) sprechen vom Entdecken neuer

Strukturen. Das Umstrukturieren, das ja aus der deutschen Gestaltpsychologie bekannt ist, scheint besonders geeignet zu sein, vielfältige semantische Verknüpfungen herzustellen und Transferwissen zu fördern. Aus der Expertenforschung weiß man, daß sich Experten u. a. darin von Novizen unterscheiden, daß sie abstrakte Schemata mit mehr Relationen zu anderen Schemata gebildet haben, also integrierend umstrukturiert haben.

Während der Aspekt der Differenzierung beim Lehren und Lernen deklarativen Wissens wohl genügend Beachtung findet („besitzt Detailwissen“), wird der Aspekt der *Integration* häufig vernachlässigt. Mit den Prozessen der Integration von Schemata läßt sich der in der Didaktik manchmal diffus verwendete Begriff des Verstehens recht gut erklären. Verstehen ist „das Schaffen neuer, weiter als bisher greifender Zusammenhänge“, die „Sinnkonstanz“ haben (HÖRMANN 1983, S. 18 und 20). Auch andere an Schematheorien orientierte Autoren betonen die integrative Leistung beim Verstehen, das Herstellen von Verknüpfungen zwischen Konzepten, die Konstruktion einer komplexen Struktur, eines „Zusammenhanggeflechts“, eines „Ordnungsgefüges“, einer „Vernetzung“ (vgl. LAUCKEN 1984; ENGELKAMP 1984; REUSSER/REUSSER-WEYENETH 1994).

An Beispielen läßt sich zeigen, daß das Verstehen die Integration relativ nah beieinander liegender Konzepte, aber auch die Verbindung von auf den ersten Blick weit voneinander entfernten Schemata umfassen kann. Für den ersten Fall mag das Beispiel „Boden- und Mineralbildung im Wald“ dienen, das zum Verstehen des Gesamtkonzeptes „Stoffkreislauf im Wald“ integriert werden muß. Für den zweiten Fall sei das Beispiel der Erklärung der enormen künstlerischen Produktivität in der Renaissancezeit in Nürnberg mit der Wirtschaftskraft und dem weltweiten Handel Nürnbergs genannt.

Die Kritik an der schematheoretischen Erklärung des Lernens, sie sei zu mechanistisch und vernachlässige nichtkognitive Komponenten, trifft zumindest für die Beschreibungen des Verstehens nicht zu: Man ordnet dem Verstehen auch emotionale und motivationale Komponenten zu. Das Verstehen ist häufig mit positiver emotionaler Zuwendung oder Befriedigung verbunden, und Verstehen hängt nicht selten mit einem intensiven Interesse am Gegenstand zusammen (HÖRMANN 1983). Diese Charakterisierung des Verstehens mit emotionalen und motivationalen Begleitprozessen findet sozusagen ihr Gegenstück in neuen interessentheoretischen Ansätzen, die nach der Bedeutung des Interesses für das Verstehen fragen (SCHIEFELE 1988, 1990, 1991; KRAPP 1992 a, b).

Hohes thematisches Interesse, das nicht einseitig als Personmerkmal oder Situationsmerkmal, sondern als relationales Konstrukt verstanden wird (KRAPP 1992 a, S. 750), führt danach zu einer qualitativ anderen Wissensrepräsentation als niedriges thematisches Interesse. SCHIEFELE (1988, 1990) konnte in mehreren Studien belegen, daß hochinteressierte Personen Begriffe besser und fachlich anspruchsvoller verknüpfen. In Untersuchungen, in denen der Verstehensbegriff nach KINTSCH (1986) verwendet wurde, zeigte sich bei hoch Interessierten eine bessere Verarbeitung der Tiefenstrukturen eines Lehrstoffes, während niedrig Interessierte eher nur Oberflächenmerkmale des Inhalts wiedergaben (SCHIEFELE 1991). Die Erklärung dieser Zusammenhänge mit operationalisierten Variablen wie emotionaler Beteiligung und Engagement stellt einen theoretischen Fortschritt gegenüber den ziemlich unscharfen Beschreibungen motivationaler Begleitprozesse in älteren Verstehensbegriffen dar.¹

1 Eine weiter gehende Darstellung motivationaler Bedingungen des Wissensaufbaus würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen (vgl. dazu DECI/RYAN 1993; KRAPP 1993; PRENZEL 1993).

Zur externen Unterstützung des Umstrukturierens werden in der Literatur u. a. folgende Vorschläge gemacht: Wenn Schüler falsche Strukturen aufgebaut haben („misconceptions“), sollen sie mit Gegenkonzepten konfrontiert und zu konzeptuellen Konflikten geführt werden („radical restructuring“, VOSNIADOU/BREWER 1987; zum Zusammenhang von Vorwissenskonzepten und darauf abgestimmtem Unterricht vgl. auch DUIT u. a. 1992; WIESNER 1995). Aus erkenntnistheoretischer Sicht empfiehlt VOLLMER (1986, S. 53) eine „kontrastierende Didaktik“: „Kontrastbildung kann gar nicht überschätzt werden ... Erkenntnisfortschritt besteht nicht einfach im Errichten neuer Denkgebäude, sondern zugleich auch im Zerstören und Beiseiteräumen älterer Überzeugungen.“ Für den Aufbau richtiger Konfigurationen von Vorstellungen, Konzepten usw. wird auf das Lernen mit zwei- und dreidimensionalen Modellen verwiesen (VOSNIADOU/BREWER 1987, S. 62; RUMELHART/NORMAN 1978, S. 47).

3. Unterrichtsforschung zur Wissensstrukturierung

3.1 Forschung zur Korrespondenz von Lehrstoffstrukturen und kognitiven Strukturen

Als einer der ersten befaßte sich nach der „kognitiven Wende“ SHAVELSON (1972, 1974) mit Fragen wie „In welchem Ausmaß korrespondiert die kognitive Struktur des Schülers nach dem Lernen mit der Lehrstoffstruktur? Haben Schüler mit akkurater Strukturrepräsentation Vorteile, z. B. beim Verstehen, beim Problemlösen?“ SHAVELSON orientierte sich an Netzwerktheorien der Repräsentation und entwickelte für physikalische sowie mathematische Lehrstoffe Beziehungsnetze und quantitative Kennmerkmale. Während der Lernsequenzen und danach notierten die Schüler Schlüsselbegriffe und die ihrer Auffassung nach dazu am nächsten liegenden Begriffe. Mit einem „Beziehungskoeffizienten“ und einem „Distanzmaß“ analysierte SHAVELSON die Entwicklung der kognitiven Strukturen der Schüler und verglich sie mit der Lehrstoffstruktur. In der Physikstudie (1972) zeigte sich, daß die Schüler von Tag zu Tag immer mehr Relationen zwischen den Konzepten aufbauten und daß das Beziehungsgeflecht immer enger wurde. Die notierten kognitiven Strukturen ähnelten immer stärker der objektiven Lehrstoffstruktur.

SHAVELSON und andere (SHAVELSON/STANTON 1975; GEESLIN/SHAVELSON 1975) führten weitere Untersuchungen dieser Art durch, entwickelten zusätzliche Methoden zur Beschreibung der kognitiven Strukturen und verglichen deren Vor- und Nachteile. Obwohl die Autoren z. T. den Zusammenhang der kognitiven Strukturiertheit mit Problemlösefähigkeit diskutierten, wurde nicht weiter erforscht, welche Bedeutung die Strukturiertheitsmaße für Lernen und Verstehen haben.

Im Anschluß an SHAVELSON versuchten CHAMPAGNE u. a. (1981) ebenfalls, Korrespondenzen zwischen erworbenen kognitiven Strukturen und der objek-

tiven Lehrstoffstruktur festzustellen. Sie entwickelten eine „Konzeptstruktur-Analyse-Technik“, bei der die Schüler auf Bögen Klebekärtchen mit den Schlüsselbegriffen legen und sich zu den Relationen zwischen den Begriffen äußern; der Lehrer oder Versuchsleiter zeichnet die Relationen ein und schreibt deren Bedeutung dazu. Mit einer Skala von 1 = unspezifizierte Relationen bis 6 = Integration von hierarchischen Strukturen und Transformationsstrukturen wird die Entwicklung der kognitiven Strukturen während der Lernsequenz ausgewertet. Das Verfahren ist stark qualitativ orientiert und erlaubt die Analyse spezieller Strukturtypen und das Verstehen von Abläufen, z. B. bei hierarchischen Beziehungen zwischen Gesteinsarten und zyklischen Prozessen in Geologie (CHAMPAGNE u. a. 1981).

NAVEH-BENJAMIN u. a. (1986) kritisierten an den Studien zur Entwicklung kognitiver Strukturen während und nach Lernsequenzen im Unterricht, sie benutzten zu artifizielle Beziehungsmaße und zuwenig unterschiedliche Dimensionen der kognitiven Strukturiertheit. Sie entwickelten eine *Strukturbaummethode*, bei der u. a. folgende Dimensionen und Prozesse erfaßt werden: Organisationsgrad (Gliederung in Elemente und zusammenfassende Begriffe), Tiefe der Struktur (Zahl der hierarchischen Ebenen), Ähnlichkeit zwischen der Wissensstruktur des Schülers und der des Experten. Bei der mehrwöchigen Lernsequenz zeigte sich, daß der Organisationsgrad der Strukturen, deren hierarchische Tiefe und die Ähnlichkeit mit der Expertenstruktur bei den meisten Lernenden allmählich zunahm. Die Strukturiertheitsmaße korrelierten insgesamt mit traditionellen Nachtests nur mäßig, dafür stärker mit den Jahresschlußnoten. Die Autoren interpretieren dies wie folgt: Die Strukturiertheitsmaße geben über traditionelle Tests hinaus Zusatzinformationen, nämlich zum Gesamtverständnis eines Lernbereichs; dies sei mit den Aussagen vergleichbar, die Lehrer in einer Jahresschlußnote zum Ausdruck bringen wollten.

Ebenfalls um das Verstehen von Strukturen geht es den Forschergruppen, die die sogenannte „*Pfadfindermethode*“ entwickelt haben (GOLDSMITH u. a. 1991; SCHVANEVELDT u. a. 1989). Bei diesem Verfahren werden Netzwerke der Wissensstruktur der Lerner abgebildet, und in einem „Closeness“-Koeffizienten wird die Enge der Relationen des Netzes ausgedrückt; der „Closeness“-Koeffizient ist sozusagen ein Verstehensmaß. GOLDSMITH u. a. (1991) und ACTON u. a. (1994) untersuchten Zusammenhänge des „Closeness“-Koeffizienten von Studenten mit Wissensnetzen verschiedener Experten und mit den Testleistungen der Studenten. Die Vergleiche mit verschiedenen Experten (u. a. den Lehrern der Kurse) brachten unterschiedliche Ergebnisse. Die Autoren empfahlen deshalb, die Qualität der Wissensnetze von Lernern nicht nur an der Wissensstruktur eines Experten zu messen, sondern Durchschnittswerte heranzuziehen.

SHAVELSON (1972, 1974) ging es um die grundsätzliche Frage, ob interne kognitive Strukturen abbildbar sind und ob diese nach Lernsequenzen mit den objektiven Strukturen des Wissensbereiches korrespondieren. Diese Frage kann man durchaus bejahen. Allerdings verfiel sich die nachfolgende Strukturforschung z. T. in Spezialproblemen, und die Entwicklung einfacher Strukturfassungsmethoden für den Unterricht wurde vernachlässigt. Strukturlegetechniken wie die von CHAMPAGNE u. a. (1981) scheinen nützlich zu sein, um festzustellen, ob Lerner bereichsspe-

zifische Strukturen verstanden haben, sie sind aber sehr aufwendig. Die Methoden sind jedoch geeignet, um die Forschung zur Entwicklung von Wissensstrukturen voranzutreiben (s. ACTON u. a. 1994) und Schlußfolgerungen für Lehrplansequenzen zu ziehen.

3.2 Effekte hierarchischer Wissensstrukturierung

Aussagen über die hierarchische Organisation des begrifflichen Wissens und des Handlungswissens gehören zu den am besten gesicherten Ergebnissen der Gedächtnisforschung. In einer großen Zahl von Untersuchungen mit Kindern und Erwachsenen ließ sich nachweisen, daß das Bilden von Clustern, von Kategorien und von Begriffshierarchien das Lernen von Wortlisten erleichtert. Die Frage ist, ob hierarchische Wissensanordnungen nicht nur bei einfachen Kategorisierungsaufgaben wirksam sind (z. B. Klassen von Obst, Fahrzeugen usw. bilden), sondern ob der Vorteil externer hierarchischer Strukturierung auch bei schulischem Begriffs- und Relationswissen gilt.

DUMKE (1984) replizierte die Laborstudie von BOWER u. a. (1969) zu hierarchischer Strukturierung in Schulklassen und mit typischem Schulwissen. In Grundschulklassen lernten Kinder Inhalte zu den Themen „Eichhörnchen“ sowie „Leben der Eskimos“ und ordneten nach jeder Lektion Begriffe in vorgegebene Hierarchieanordnungen ein (z. B. „Lebensgewohnheiten“, „Jagen“ als Oberbegriffe). Die Kontrollklassen füllten einfache Lückentexte aus. Ergebnis: Die Versuchsklassen waren im Nachtest und einige Wochen später im Behaltenstest den Kontrollklassen überlegen; dies traf vor allem für leistungsschwache Schüler zu.

LEUTNER (1992) ließ Sechstkläßler mit einem Computerprogramm geometrische Begriffe lernen und verglich drei Lehrmethoden: (1) hierarchieorientiert, (2) an Definitionsmerkmalen orientiert, (3) eine Kombination aus (1) und (2). In zwei von fünf Nachtests zeigte sich ein Haupteffekt zugunsten der hierarchieorientierten Methode. Die Schüler dieser Lerngruppe lernten Begriffe wie „Raute“ und „Trapez“ nicht durch begrifflichen Vergleich mit „Viereck“, sondern durch Vergleich mit der in der Lernhierarchie vorher bearbeiteten geometrischen Figur.

NEBER (1992) führte eine Untersuchung zu praktischen Fertigkeiten von Berufsschülern durch und bezog sich dabei auf Theorien hierarchischer Wissensorganisation sowie auf amerikanische Studien, in denen sich hierarchisch gegliederte Lernhilfen bei der Schulung diagnostischer Kompetenzen im medizinischen und im technischen Bereich bewährt hatten. In einer Trainingsstudie mit einer „Listenhilfe“ versus eine „Hierarchiehilfe“ war die „Hierarchiehilfe“ signifikant effektiver bei der Fehlersuche nach Automotor-Fehlern und der Planung der Reparaturdurchführung.

Die Untersuchungen zur hierarchischen Wissensstrukturierung im Unterricht sind noch stark auf Ober-/Unterbegriffe und noch wenig auf Hierarchien anderer Strukturzusammenhänge (z. B. Ursache/Wirkung in Biologie, Einflußfaktoren in Geschichte) gerichtet. Unabhängig davon unterstützt die Befundlage die Annahme, daß hierarchische Wissensstrukturierung eine für viele Anwendungsgebiete empfehlenswerte Lehr-Lern-Strategie ist.

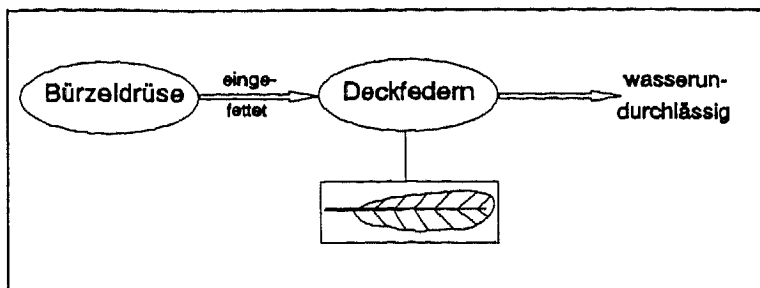


Abbildung 3: Ausschnitt aus der netzwerkartigen Wissensstruktur „Die Anpassung der Stockente an ihre Umwelt“ (Ursache-Wirkungs-Struktur).

3.3 Netzwerkerarbeitung im Unterricht

Anders als bei hierarchischer Strukturierung, bei der überwiegend Ober-/Unterbegriffsrelationen abgebildet werden, versucht man beim „Networking“ weitere Typen von Wissensstrukturen darzustellen, z. B. Ursache/Wirkung, Zweck/Mittel, Motiv/Handlung, Schlußfolgerung. Der Kerngedanke von „Networking“ ist, daß die räumliche Repräsentation eines logischen Zusammenhangs mit Knoten und Pfeilen (vgl. das Beispiel in Abbildung 3, weitere Beispiele in JÜNGST 1992) zusätzliche Codes im visuellen Repräsentationssystem schafft und damit die sprachliche und die amodale Kodierung unterstützt. Logische Bilder enthalten durch Platzierung im Raum („location“) Informationszusammenfassungen und gruppierte Kennzeichnungen von Elementen, die in der linearen sprachlichen Darstellung nicht so gut repräsentiert werden können (LARKIN/SIMON 1987).

Netzwerkerarbeitung im Unterricht wird hier unabhängig von „Mapping“ (Abschnitt 3.4) behandelt, weil bei diesem Ansatz in der Interaktion von Lehrer und Schülern die Strukturzusammenhänge im Sinne einer „Konstruktion“ entwickelt werden und sich zunehmend einem „Expertennetz“ nähern, während beim individuellen „Mapping“ fehlerhafte Netzwerke entstehen können. Der Lehrer kann an das Vorwissen anknüpfen und fortlaufend das Verständnis überprüfen.

JÜNGST (1994) erprobte in 13 Klassen der Sekundarstufe die Arbeit mit Netzwerkdarstellungen im Lehrer-Schüler-Unterricht (z. B. „Das Immunsystem“, „Der Merkantilismus“). Da bekannt ist, daß untrainierte Lerner mit Netzwerken Schwierigkeiten haben, legte JÜNGST auf zwei Maßnahmen besonderen Wert: Die Lehrer wurden trainiert, Netzwerke zu erstellen und mit Schülern zu erarbeiten; sie leiteten die Schüler an, die Netzwerke auf verschiedenen Wegen zu durchlaufen und dabei immer wieder die Strukturzusammenhänge zu verbalisieren. Bei den Behaltenstests kam es sechsmal zu signifikanten Vorteilen der Netzwerkmethode gegenüber Textlernen, fünfmal dem Trend nach, zweimal zeigten sich leichte Vorteile der Kontrollmethode Textlernen. Beim Transfertest mußten die Schüler aus dem Netzwerk eines unvertrauten Themas Definitionen ableiten und Schlußfolgerungen auf Richtigkeit beurteilen.

len. Während beim Definieren noch deutliche Vorteile der Netzwerkmethodemethoden erkennbar waren, war dies beim Schlußfolgern nicht der Fall. JÜNGST (1994, S. 36) ist deshalb der Auffassung, daß Netzwerkdarstellungen nur für Begriffsfestigkeit und Begriffsflexibilität, nicht jedoch für höhere kognitive Leistungen geeignet sind.

In den zwei Studien von TREINIES u. a. (1988) und TREINIES und EINSIEDLER (1993) wurde ebenfalls der Frage nachgegangen, ob mit Netzwerkerarbeitung im Unterricht Begriffslernen und schlußfolgerndes Denken besser zu fördern sind als mit traditionellen Methoden. Verglichen wurde in Grundschulklassen zum Thema „Die Anpassung der Stockente an ihre Umwelt“ jeweils eine Netzwerkmethodemethode, eine hierarchische Strukturdarstellung und eine traditionelle Lückentextmethode. In der ersten Untersuchung (1988) waren keine Methodeneffekte zu beobachten, was u. a. darauf zurückgeführt wurde, daß die Netzwerkdarstellungen zu abstrakt waren. In der zweiten Studie (1993) wurden deshalb die Netzwerke durch Bildanteile ergänzt (Abbildung 3), wobei die theoretische Vorstellung der mentalen Modelle, die auch analoge Bildrepräsentationen umfassen, leitend war. In den Nachtests und Behaltenstests zeigte sich nun ein numerischer, jedoch nicht signifikanter Vorteil der Netzwerk- und der hierarchischen Methode. Von besonderem Interesse war, daß die Methodeneffekte mit Klassenmerkmalen interagierten (unterschiedsausgleichender versus unterschiedsverstärkender Klassentypus) und mit verschiedenen Stilen der verbalen Interaktion zusammenhingen. Daß keine signifikanten Haupteffekte auftraten, könnte damit zu tun haben, daß im Vergleich zu DUMKE (1984) und JÜNGST (1994) die Strukturdarstellungen zu wenig durchgearbeitet wurden. Bei größerer Vertrautheit mit den Knoten- und Pfeildarstellungen sind u. U. eindeutiger Ergebnisse zu erwarten. WEIDENMANN (1994, S. 49) referiert z. B. Befunde, wonach „Novizen“ im Vergleich zu „Experten“ größere Schwierigkeiten haben, mit logischen Bildern umzugehen.

3.4 Mapping als Schülerarbeitstechnik

In Anlehnung an die ersten Theorien netzwerkartiger Repräsentation entwickelte die DANSEREAU-Gruppe (1978, 1979) umfangreiche Programme zur Vermittlung von Arbeitstechniken an Schüler und Studenten. Mapping stand dabei im Mittelpunkt und sollte den Lernern helfen, Texte zu strukturieren und Wissensnetze aufzuzeichnen, um die Integration des neuen Wissens in die mentale Repräsentation zu erleichtern. Vor allem wenn das Mapping mit weiteren Lernstrategien verbunden war (sich die Hauptideen vergegenwärtigen, zusammenfassen, „self-monitoring“), waren positive Effekte im Vergleich zu Kontrollgruppen nachzuweisen, die nicht im Mapping trainiert waren.

Inzwischen führt die DANSEREAU-Gruppe Studien zu unterschiedlichen Variablen durch, die Typen des Mapping und Randbedingungen des Arbeitens mit Texten betreffen. McCAGG/DANSEREAU (1991) berücksichtigten, daß Mapping oft wenig erfolgreich war, weil die Lerner nicht im Umgang mit dieser Technik geübt waren; sie setzten vor der eigentlichen Lernsequenz Trainingseinheiten unter Verwendung von „Experten-Maps“ an. In der Lernsequenz wurden die Teilnehmer in zwei Gruppen mit unterschiedlichem Studiengebiet

und Mapping-Anwendung aufgeteilt, anschließend sollten sie sich ohne Vorgabe von Arbeitstechniken auf den Test in beiden Studiengengebieten vorbereiten. In dem Studienggebiet, in dem die Teilnehmer Mapping verwendet hatten, hatten sie in zwei Nachtests und in zwei Behaltenstests signifikant höhere Werte.

O'DONNELL (1993) verglich eine Map- und eine Textversion als Hilfen, um einen gehörten Lehrtext nachzuarbeiten. Außerdem wurde zwischen Gruppen mit versus ohne Vorwissen zum Thema unterschieden. Das Vorwissen war die entscheidende Variable, es zeigte sich aber auch ein signifikanter Vorteil der Map-Version beim Nacharbeiten des Lehrstoffs.

Im deutschen Sprachraum gibt es wenig Forschung zum Mapping. PFLUGRADT (1985) erprobte ein komplexes Mapping-Programm mit Studenten (unterschiedliche Pfeildarstellungen für ca. 20 Wissensstrukturtypen!); positive Effekte zeigten sich nur bei solchen Studenten, die auch hohe Werte in einem Test zur logischen Organisation hatten. Bei MAICHLE (1992) war Mapping eine von drei Strategiekomponenten, die Medizinstudenten trainierten. Nach MAICHLE war Mapping dabei für Studenten sehr hilfreich, die eher schwache Textverarbeiter sind. „Dank einer angemesseneren externen Repräsentation konnten die Teilnehmer die Textinformation nun für die Dauer der geforderten schlußfolgernden Denkprozesse weitgehend präsent halten“ (MAICHLE 1992, S. 185). Bei KLAUER (1993) wurden ein kombiniertes Denk- und Mapping-Training mit dem Mapping-Training allein verglichen. Abhängige Variablen waren u. a. Wissenserwerb und die Fähigkeit, einen fremden Text in ein Netzwerk umzusetzen. Beim Wissenserwerb zeigte nur das kombinierte Training signifikante Effekte gegenüber der Kontrollgruppe, bei Networking als abhängiger Variable auch das entsprechende Training allein.

Man könnte erwarten, daß die empirische Forschung zum Mapping eindeutige Ergebnisse hinsichtlich Lernen und Behalten zeigen würde, als dies realiter der Fall ist, da anzunehmen ist, daß der individuelle Vorgang der Strukturierung des Wissens dem individuellen Aufbau der internen Repräsentation entgegenkommt. In der Literatur wird jedoch von einer Reihe von Bedingungen berichtet, die einschränkend wirken: Leistungsschwache Schüler und Schüler mit niedrigen Werten in Tests zum visuellen Gedächtnis haben Schwierigkeiten, mit abstrakten Zeichen umzugehen; ängstliche Schüler sind unsicher gegenüber der neuen Lerntechnik (McCAGG/DANSEREAU 1991, S. 323, sprechen vom Mapping-Schock). Mit Training scheinen solche Schwierigkeiten z. T. abbaubar zu sein. Eventuell erleichtert der Computer den Umgang mit Maps. KOMMERS/DE VRIES (1992) berichten, daß Schüler mit entsprechender Software flexibler Maps gestalten können als beim Mapping mit Papier und Bleistift (Knoten umsetzen, Größe der Knoten variieren, schraffieren/nicht schraffieren, Pfeile und Pfeilformen manipulieren etc.).

3.5 Systembildung

Systembildung soll im folgenden nicht im Sinne AEBLIS (1981, S. 193 ff.) verstanden werden, der die Systematisierung des Wissens als Vereinfachung der Schemata und als Transformationsprozeß bezeichnet, bei dem Weltwissen und Handlungswissen für den Alltag entstehen. Systembildung bezieht sich hier auf theoretisches und fachliches Wissen sowie auf die Herausarbeitung von Makroschemata und Makrostrukturen, die für ganze Wissensgebiete bestimmend sind. Die Systembildung, die meist erst am Schluß einer Lehr-Lern-Situation

möglich ist, hat die Funktion, weitreichende Oberbegriffe, die durch den vorhergehenden Unterricht sozusagen „vertikal“ instantiiert sind (vgl. Abschnitt 2.3), auch „horizontal“ in der kognitiven Struktur zu verankern. Es werden zusätzliche Relationen geschaffen, Ähnlichkeiten und Unterschiede festgestellt, vertraute und neue Konzepte in neuen Perspektiven betrachtet. Während beim „advance organizer“ AUSUBELS (1974) vieles im vagen bleiben muß, weil der Unterricht erst noch folgt, sind bei der Systembildung als „post organizer“ eine inhaltlich ergiebigere Herausarbeitung der Strukturen, eine substantiellere Integration und damit ein besseres Verstehen möglich. Beispielen für die systembildende Arbeit an Makrostrukturen wären etwa: Anpassung von Tieren/Pflanzen an die Umwelt, biologische/kulturelle Evolution, italienische und französische Gotik.

Bei der Unterrichtsplanung hat die Strukturanalyse der Makroschemata den Vorteil, daß damit auch geklärt werden kann, welche Problemstellungen, Einzelthemen, Situationen usw. als exemplarische Fälle für den entsprechenden Wissensbereich geeignet sind. SCHOTT u. a. (1981) haben die Makrostrukturanalyse und die Findung exemplarischer Fälle sehr gründlich am Beispiel der Konzepte „Versorgung“ und „Entsorgung“ aufgezeigt.

Ein überzeugendes Beispiel für abschließende Systembildung mit dem Ziel der Schaffung zusätzlicher zwischenbegrifflicher Relationen und damit eines besseren Verstehens hat SPRECKELSEN (1992) vorgelegt (Abbildung 4): Nach einer Unterrichtssequenz mit insgesamt sechs Experimenten werden folgende Vergleiche durchgeführt und durch Analogien Systemkenntnisse ausgebildet: Luft dehnt sich ebenso wie Wasser bei Erwärmung aus (Volumenzunahme durch Wärme), Luft steigt ebenso wie Wasser bei Erwärmung im kälteren Medium auf (Auftrieb durch geringere Dichte, hervorgerufen durch Volumenzunahme), Gegenstände können in Luft bzw. Wasser aufsteigen, schweben und sinken (bei Veränderung der Dichte).

Zur Systembildung im Sinne eines „post organizer“ gibt es wenig empirische Forschung. Es ist allerdings weitgehend selbstevident, daß man vergleichende Analysen wie z. B. oben zum Dichtebegriff besser mit einer visuellen Darstellung durchführen kann als ohne. Vermutlich erleichtern weitere konkretisierende, bildliche Elemente das Verständnis. Man wird sogar sagen können, daß für abschließende Systembildungen zweidimensionale Organisationshilfen wie Strukturmodelle, Tabellen, Graphiken („Synthese-Bilder“) die Methode der Wahl sind. Aber auch zu „Synthese-Bildern“ wurden bisher kaum empirische Untersuchungen durchgeführt (DREWNIAR/KUNZ 1992). Daran wird deutlich, daß das Verstehen von Strukturzusammenhängen im Vergleich zum Lernen von Einzelwissen in der Forschung immer noch vernachlässigt wird.

4. Ausblick

Durch die neueren Theorien der mentalen Wissensrepräsentation wurden auch in der Unterrichts- und Unterrichtsmedienforschung eine Reihe von Aktivitäten angeregt, externe Strukturierungsverfahren für den Wissenserwerb zu erproben. Wenn Lernende mit den entsprechenden Techniken vertraut sind, helfen externe Darstellungen logischer Strukturen offensichtlich, interne Verstehensstrukturen aufzubauen. Die Theorie der mentalen Modelle enthält Ansatzpunkte, im Unterricht und für Medien Modelldarstellungen zu entwickeln, die es erlauben, inner- und zwischenbegriffliche Relationen zu klären,

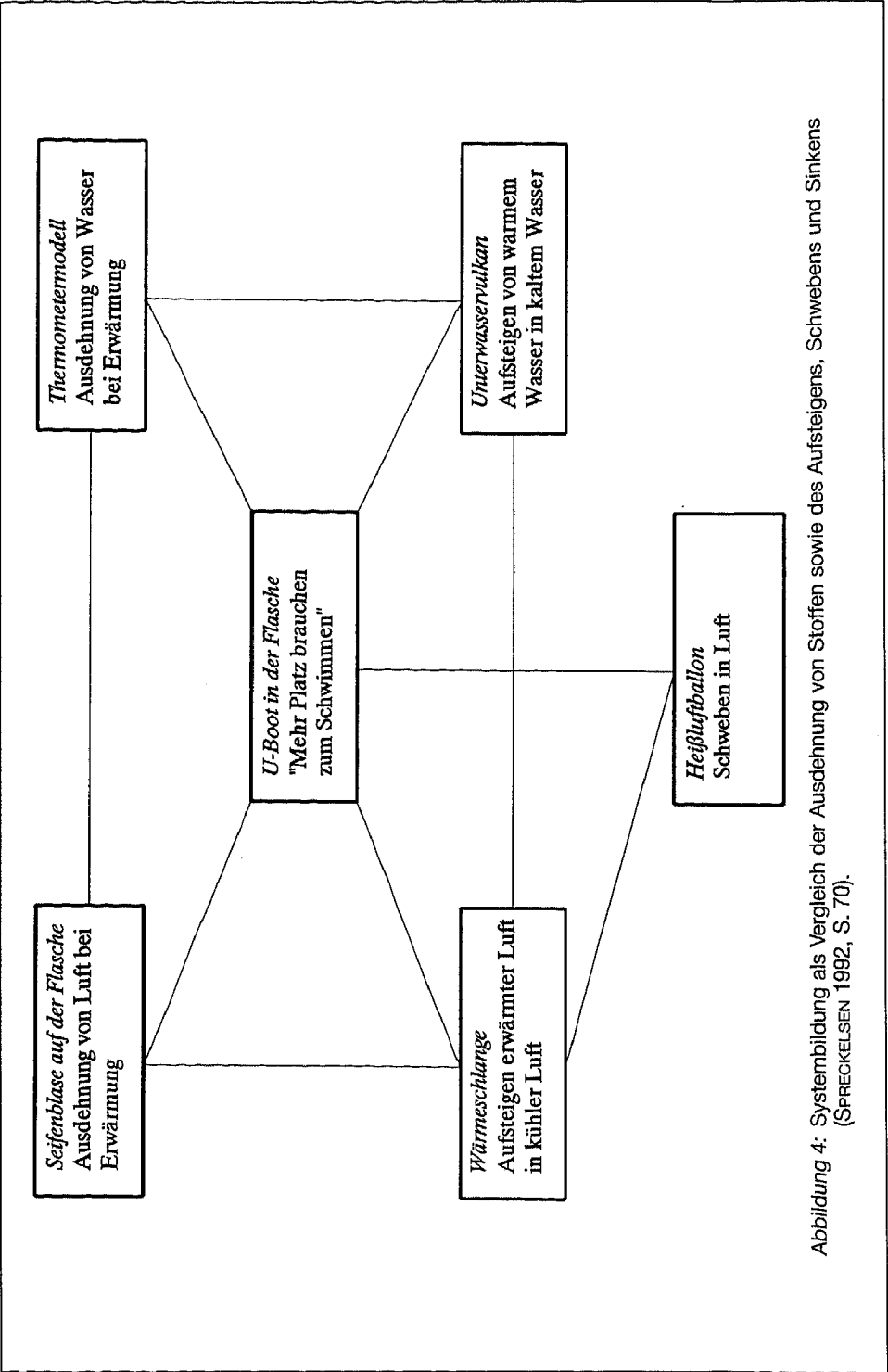


Abbildung 4: Systembildung als Vergleich der Ausdehnung von Stoffen sowie des Aufsteigens, Schwebens und Sinkens (SPRECKELSEN 1992, S. 70).

Strukturtypen durchzuarbeiten, Kreisprozesse zu simulieren u. ä. m. Die Aussagen über Wechselwirkungen zwischen der Repräsentation analoger Strukturen im Arbeitsgedächtnis und der Speicherung abstrakter Tiefenstrukturen im Langzeitgedächtnis bestätigen einerseits didaktisch-methodische Ansätze, die empfehlen, Wissensstrukturen durch konkrete Handlungen und Bilder, durch logische Bilder, Modellvorstellungen usw. zu unterstützen, verweisen andererseits aber auch klar auf die Notwendigkeit, Lernende anzuregen, die eigentlichen abstrakten semantischen Relationen zu extrahieren.

Ein gewichtiges Problem bei der Entwicklung von Wissensstrukturierungshilfen ist, daß die mentale Wissensrepräsentation sehr individuell organisiert ist, u. a. bedingt durch individuelle Lebensgeschichten und unterschiedliche kognitive Stile. Manche Autoren sprechen von einer idiosynkratisch bestimmten mentalen Wissensstrukturierung und bezweifeln, daß es möglich ist, über bisher bekannte Prinzipien der Wissensorganisation hinaus weitere allgemeine Repräsentationsstrukturen zu beschreiben (TERGAN 1993; LE NY 1993). Eine konstruktivistische Didaktik hat jedoch noch nie ihre Funktion darin gesehen, externe Strukturmuster einfach intern abbilden zu lassen (vgl. Themenschwerpunkt „Konstruktion von Wissen“ in: Zeitschrift für Pädagogik 1995, H. 6). Der Aufbau des Wissens ist ein aktiver Konstruktionsprozeß (AEBLI 1980, 1981; OPWIS/LÜER 1994), die Strukturierungshilfen im Unterricht sind ein Angebot, Zusammenhänge zu entdecken und Bedeutungsrelationen individuell zu verarbeiten. In stark angeleiteten Lernprozessen wie bei computerunterstütztem Lernen wird es darauf ankommen, nicht nur eine mögliche Strukturdarstellung, sondern vielfältige Strukturierungshilfen für unterschiedliche individuelle Verstehensprozesse anzubieten.

Weitgehend ignoriert wurde in den Theorien der mentalen Repräsentation der Aspekt der sozialen Konstruktion des Wissens, sowohl im Sinne der Wissenssoziologie (gesellschaftlich-kulturelle Konstruktion) als auch im Sinne der Situationsspezifität des Wissens (Wissen entsteht in Situationen und ist deshalb an diese Situationen gebunden). Vor allem in der Theorie der situierten Kognition („situated cognition“) werden grundlegende Überlegungen darüber angestellt, inwieweit Wissensrepräsentationen „für sich“ bestehen und inwieweit sie jeweils in Relation zu spezifischen Situationen neu konstruiert werden (GREENO u. a. 1993; GERSTENMAIER/MANDL 1995). – Obwohl es sich bei „situated cognition“ noch vielfach um theoretische Entwürfe mit geringer empirischer Fundierung handelt, wurden Neuansätze für Lehren und Lernen entwickelt, bei denen das Lernen mit lebensnahen Problemstellungen verbunden, der Wissenserwerb als Erkunden und Entdecken in möglichst authentischen Situationen angelegt und Problemlösen als soziales Aushandeln konzipiert sein soll (BROWN/COLLINS/DUGUID 1989; Cognition and Technology Group at Vanderbilt 1992).

Wissensstrukturierung im Unterricht stünde im Widerspruch zu „situierter Kognition“ und zu „situiertem Lernen“, wenn Wissensstrukturierung die Darstellung vorgegebener Strukturen, die Präsentation fertiger Systeme wäre. Eine solche Sichtweise würde sich jedoch nicht mit den Erkenntnissen über die Prozesse und Strukturen der Informationsverarbeitung vertragen, nach denen der Wissensaufbau als dynamischer Wechselwirkungsprozeß zwischen vorhandenen und neuen Schemata und Wissensrepräsentation als selbstkonstruiertes

System von Konzept- und Relationssymbolisierungen verstanden wird. Die konstruktivistischen Grundannahmen der Informationsverarbeitung lassen Unterrichtsmethoden wie forschendes und entdeckendes Lernen, Erkunden und Erproben angeraten erscheinen, die meist auch mit sozialem Austausch verbunden sind. Insofern ergibt sich eine Ähnlichkeit zum „situierten Lernen“. Der strukturorientierte Ansatz betont zusätzlich die Herausarbeitung der Tiefenstrukturen des Wissens.

Literatur

- ACTON, W.H./JOHNSON, P.J./GOLDSMITH, T.E.: Structural knowledge assessment: Comparison of referent structures. In: *Journal of Educational Psychology* 86 (1994), S. 303–311.
- AEBLI, H.: Denken: Das Ordnen des Tuns. Bd. 1: Kognitive Aspekte der Handlungstheorie. Stuttgart 1980.
- AEBLI, H.: Denken: Das Ordnen des Tuns. Bd. 2: Denkprozesse. Stuttgart 1981.
- ANDERSON, J.R.: The architecture of cognition. Cambridge (Mass.) 1983.
- ANDERSON, J.R.: Kognitive Psychologie. Heidelberg 1988.
- AUSUBEL, D.P.: Psychologie des Unterrichts, Bd. 1. Weinheim 1974.
- BALLSTAEDT, ST.-P.: Wenn Hören und Sehen vergeht: Grenzen der audiovisuellen Integration. Deutsches Institut für Fernstudien, Forschungsbericht Nr. 52. Tübingen 1988.
- BALLSTAEDT, ST.-P./MANDL, H./SCHNOTZ, W./TERGAN, S.-O.: Texte verstehen, Texte gestalten. München/Wien/Baltimore 1981.
- BOWER, G.H./CLARK, M.C./LESGOLD, A.M./WINZENZ, D.: Hierarchical retrieval schemes in recall categorized word lists. In: *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* 8 (1969), S. 232–343.
- BREWER, W.F.: Schema versus mental models in human memory. In: P. MORRIS (Hrsg.): *Modeling cognition*. New York 1987, S. 187–197.
- BROWN, J.S./COLLINS, A./DUGUID, P.: Situated cognition and the culture of learning. In: *Educational Researcher* 18 (1989), Nr. 1, S. 32–42.
- CASE, R.: The mind's staircase. Hillsdale (NJ) 1992.
- CHAMPAGNE, A.B./KLOPFER, L.E./DESENA, A.T./SQUIRES, A.A.: Structural representations of student's knowledge before and after science instruction. In: *Journal of Research in Science Teaching* 18 (1981), S. 97–111.
- COGNITION AND TECHNOLOGY GROUP AT VANDERBILT: The Jasper series as an example of anchored instruction: Theory, program, description, and assessment data. In: *Educational Psychologist* 27 (1992), S. 291–315.
- DANSEREAU, D.F.: The development of a learning strategies curriculum. In: H.F. O'NEIL (Hrsg.): *Learning strategies*. New York 1978, S. 1–29.
- DANSEREAU, D.F./MCDONALD, B.A./COLLINS, K.W./GARLAND, J./HOLLEY, CH.D./DIEKHOFF, G.M./EVANS, S.H.: Evaluation of a learning strategy system. In: H.F. O'NEIL/CH.D. SPIELBERGER (Hrsg.): *Cognitive and affective learning strategies*. New York 1979, S. 3–43.
- DECI, E.L./RYAN, R.M.: Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 39 (1993), S. 223–238.
- DEUTSCHER BILDUNGSRAT: Strukturplan für das Bildungswesen. Stuttgart 1970.
- DREWNIAK, U./KUNZ, G.C.: Verstehensrelevante Bilder in Lehrtexten: Ihre Verarbeitung, ihre Funktionen und ihre Bedeutung für die Förderung des Lernens mit Texten. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 6 (1992), S. 49–62.
- DUIT, R./GOLDBERG, R./NIEDDERER, H. (Hrsg.): *Research in physics learning*. Kiel: IPN 1992.
- DUMKE, D.: Die hierarchische Strukturierung von Unterrichtsinhalten als Lernhilfe in der Grundschule. In: *Psychologie in Erziehung und Unterricht* 31 (1984), S. 43–49.
- DUTKE, ST.: Mentale Modelle beim Erinnern sprachlich beschriebener räumlicher Anordnungen: Zur Interaktion von Gedächtnisschemata und Textrepräsentation. In: *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie* 40 (1993), S. 44–71.
- ENGELKAMP, J.: Verstehen als Informationsverarbeitung. In: J. ENGELKAMP (Hrsg.): *Psychologische Aspekte des Verstehens*. Berlin 1984, S. 31–53.

- ENGELKAMP, J.: Das menschliche Gedächtnis. Göttingen 1990.
- ENGELKAMP, J./ZIMMER, H. D.: Unterschiede in der Repräsentation und Verarbeitung von Wissen in Abhängigkeit von Kanal, Reizmodalität, Inhalt und Aufgabenstellung. In: K. BÖHME-DÜRR/J. EMIG/N. M. SEEL (Hrsg.): Wissensveränderung durch Medien. München 1990, S. 84–97.
- ENTWISTLE, N./MARTON, F.: Knowledge objects: understandings constituted through intensive academic study. In: British Journal of Educational Psychology 64 (1994), S. 161–178.
- FINKE, R. A./SHEPARD, R. N.: Visual functions of mental imagery. In: K. R. BOFF/I. KAUFMANN/J. THOMAS (Hrsg.): Handbook of perception and human performance, Vol. II. New York 1986, S. 31.1–37.55.
- GEESLIN, W. E./SHAVELSON, R. J.: Comparison of content structure and cognitive structure in high school students' learning of probability. In: Journal of Research in Mathematics Education 6 (1975), S. 109–120.
- GENTNER, D./STEVENS, A. L. (Hrsg.): Mental models. Hillsdale (NJ) 1983.
- GERSTENMAIER, J./MANDL, H.: Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. In: Zeitschrift für Pädagogik 41 (1995), S. 867–888.
- GLENBERG, A. S. M./LANGSTON, W. E.: Comprehension of illustrated text: Pictures help to build mental models. In: Journal of Memory and Language 31 (1992), S. 129–151.
- GOLDSMITH, T. E./JOHNSON, P. J./ACTON, W. H.: Assessing structural knowledge. In: Journal of Educational Psychology 83 (1991), S. 88–96.
- GREENO, J. G./SMITH, D. R./MOORE, J. L.: Transfer of situated learning. In: D. K. DETTERMAN/R. J. STERNBERG (Hrsg.): Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction. Norwood (NJ) 1993, S. 99–167.
- HERRMANN, TH.: Allgemeine Sprachpsychologie. München 1985.
- HÖRMANN, H.: Über einige Aspekte des Begriffs „Verstehen“. In: L. MONTADA/K. REUSER/G. STEINER (Hrsg.): Kognition und Handeln. Stuttgart 1983, S. 13–22.
- JOHNSON, M. K.: Functional forms of human memory. In: J. L. MCGAUGH/N. M. WEINBERGER/G. LYNCH (Hrsg.): Brain organization and memory. New York 1990, S. 106–134.
- JOHNSON-LAIRD, P. N.: Mental models. Cambridge (Mass.) 1983.
- JÜNGST, K. L.: Lehren und Lernen mit Begriffsnetzdarstellungen. Frankfurt a. M. 1992.
- JÜNGST, K. L.: Lehren und Lernen von Begriffsinhalten mit Concept Maps. Erziehungswissenschaft, Universität des Saarlandes, Arbeitsbericht Nr. 64. Saarbrücken 1994.
- KINTSCH, W.: Learning from text. In: Cognition and Instruction 3 (1986), S. 87–108.
- KLAFKI, W.: Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Weinheim ⁸⁹1966.
- KLAFKI, W.: Allgemeinbildung in der Grundschule und der Bildungsauftrag des Sachunterrichts. In: F. LAUTERBACH/W. KÖHNLEIN/K. SPRECKELSEN/E. KLEWITZ (Hrsg.): Brennpunkte des Sachunterrichts. Kiel 1992, S. 11–31.
- KLAUER, K. J.: Über den Einfluß eines Trainings zum induktiven Denken auf den Erwerb und die Nutzung der Lernstrategie des „Networking“. In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie 25 (1993), S. 333–352.
- KÖSSLER, H.: Bildung und Identität. In: Mitteilungen des Hochschulverbandes 36 (1988), S. 258–261.
- KOMMERS, P. A. M./DE VRIES, S. A.: TextVision and the visualisation of knowledge: School-based evaluation of its acceptance at two levels of schooling. In: P. A. M. KOMMERS/D. A. JONASSEN (Hrsg.): Cognitive tools for learning. Berlin 1992, S. 33–62.
- KOSSLYN, S. M.: Image and mind. Cambridge (Mass.) 1980.
- KRAPP, A.: Interesse, Lernen und Leistung. In: Zeitschrift für Pädagogik 38 (1992), S. 747–770 (a).
- KRAPP, A.: Das Interessenkonstrukt. In: A. KRAPP/M. PRENZEL (Hrsg.): Interesse, Lernen, Leistung. Münster 1992, S. 297–329 (b).
- KRAPP, A.: Die Psychologie der Lernmotivation. In: Zeitschrift für Pädagogik 39 (1993), S. 187–206.
- KRIST, H./WILKENING, F.: Repräsentative Entwicklung. In: J. ENGELKAMP/TH. PECHMANN (Hrsg.): Mentale Repräsentation. Bern 1993, S. 147–161.
- LARKIN, J. L./SIMON, H. A.: Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. In: Cognitive Science 11 (1987), S. 65–99.
- LAUCKEN, U.: Über den Wandel des Begriffs „Verstehen“ in verschiedenen psychologischen Denkformen. In: J. ENGELKAMP (Hrsg.): Psychologische Aspekte des Verstehens. Berlin 1984, S. 231–254.

- LE NY, J. F.: Wie kann man mentale Repräsentationen repräsentieren? In: J. ENGELMANN/TH. PECHMANN (Hrsg.): *Mentale Repräsentation*. Bern 1993, S. 31–39.
- LEUTNER, D.: *Adaptive Lehrsysteme*. Weinheim 1992.
- LEVELT, W. J. M.: Die konnektionistische Methode. In: J. ENGELKAMP/TH. PECHMANN (Hrsg.): *Mentale Repräsentation*. Bern 1993, S. 51–62.
- LEVIE, H. W./LENTZ, R.: Effects of text illustrations: A review of research. In: *Educational Communication and Technology Journal* 30 (1982), S. 195–232.
- LEVIN, J. R./ANGLIN, G. J./CARNEY, R. N.: On empirically validating functions of pictures in prose. In: D. M. WILLOWS/H. A. HOUGHTON (Hrsg.): *The psychology of illustration*, Vol. 1. New York 1987, S. 51–85.
- MAICHLE, U.: Zur Trainierbarkeit des Textverstehens und des schlußfolgernden Denkens im medizinisch-naturwissenschaftlichen Bereich. In: H. MANDL/H. F. FRIEDRICH (Hrsg.): *Lern- und Denkstrategien*. Göttingen 1992, S. 167–192.
- MCCAGG, E. C./DANSEREAU, D. F.: A convergent paradigm for examining knowledge mapping as a learning strategy. In: *Journal of Educational Research* 84 (1991), S. 317–324.
- MOLITOR, S./BALLSTAEDT, ST.-P./MANDL, H.: Problems in knowledge acquisition from text and pictures. In: H. MANDL/J. R. LEVIN (Hrsg.): *Knowledge acquisition from text and pictures*. Amsterdam 1989, S. 3–35.
- NAVEH-BENJAMIN, M./MCKEACHIE, W. J./LIN, Y.-G./TUCKER, D. G.: Inferring students' cognitive structures and their development using the „Ordered Tree Technique“. In: *Journal of Educational Psychology* 78 (1986), S. 130–140.
- NEBER, H.: Wissensnutzung: Förderung durch ein Training des situativen Wissenszugangs. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 6 (1992), S. 99–114.
- O'DONNELL, A.: Searching for information in knowledge maps and texts. In: *Contemporary Educational Psychology* 18 (1993), S. 222–239.
- OPWIS, K./LÜER, G.: *Modelle der Repräsentation von Wissen*. Psychologisches Institut der Universität Freiburg. Freiburg 1994.
- PAIVIO, A.: *Mental representations*. New York 1986.
- PFLUGRADT, N.: Förderung des Verstehens und Behaltens von Textinformation durch „Mapping“. Deutsches Institut für Fernstudien, Forschungsbericht Nr. 34. Tübingen 1985.
- PRENZEL, M.: Autonomie und Motivation im Lernen. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 39 (1993), S. 289–253.
- QUILLIAN, M. R.: The teachable language comprehender. In: *Communications of the Association for Computer Machinery* 12 (1969), S. 459–476.
- REUSSER, K./REUSSER-WEYENETH, M. (Hrsg.): *Verstehen*. Bern 1994.
- RUMELHART, D. E.: Schemata: The building blocks of cognition. In: R. J. SPIRO/B. C. BRUCE/W. F. BREWER (Hrsg.): *Theoretical issues in reading comprehension*. Hillsdale (NJ) 1980, S. 22–58.
- RUMELHART, D. E./NORMAN, D. A.: Accretion, tuning, and restructuring: Three modes of learning. In: J. W. COTTON/R. L. KLATZKY (Hrsg.): *Semantic factors in cognition*. Hillsdale (NJ) 1978, S. 37–53.
- SCHIEFELE, U.: Der Einfluß von Interesse auf Umfang, Inhalt und Struktur studienbezogenen Wissens. In: *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* 20 (1988), S. 356–370.
- SCHIEFELE, U.: Thematisches Interesse, Variablen des Leseprozesses und Textverstehen. In: *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie* 37 (1990), S. 304–332.
- SCHIEFELE, U.: Interesse und Textrepräsentation – Zur Auswirkung des thematischen Interesses auf unterschiedliche Komponenten der Textrepräsentation unter Berücksichtigung kognitiver und motivationaler Kontrollvariablen. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 5 (1991), S. 245–259.
- SCHNOTZ, W.: *Aufbau von Wissensstrukturen*. Weinheim 1994 (a).
- SCHNOTZ, W.: Wissenserwerb mit logischen Bildern. In: B. WEIDENMANN (Hrsg.): *Wissenserwerb mit Bildern*. Bern 1994, S. 95–147 (b).
- SCHOTT, F./NEEB, K.-E./WIEBERG, H.-J. W.: *Lehrstoffanalyse und Unterrichtsplanung*. Braunschweig 1981.
- SCHVANEVELDT, R. W./DURSO, F. T./DEARHOLT, D. W.: Network structures in proximity data. In: G. H. BOWER (Hrsg.): *The psychology of learning and motivation*, Vol. 24. New York 1989, S. 249–284.

- SEEL, N. M.: Wissenserwerb durch Medien und „mentale Modelle“. In: *Unterrichtswissenschaft* 14 (1986), S. 384–401.
- SHAVELSON, R. J.: Some aspects of the correspondence between content structure and cognitive structure in physics instruction. In: *Journal of Educational Psychology* 63 (1972), S. 225–234.
- SHAVELSON, R. J.: Methods for examining representations of a subject-matter structure in a students' memory. In: *Journal of Research in Science Teaching* 11 (1974), S. 231–249.
- SHAVELSON, R. J./STANTON, G. C.: Construct validation: Methodology and application to three measures of cognitive structure. In: *Journal of Educational Measurement* 12 (1975), S. 67–85.
- SHIMAMURA, A. P.: Forms of memory: Issues and directions. In: J. L. McGAUGH/N. M. WEINBERGER/G. LYNCH (Hrsg.): *Brain organization and memory*. New York 1990, S. 159–173.
- SHUELL, TH. J.: Phases of meaningful learning. In: *Review of Educational Research* 60 (1990), S. 531–547.
- SPRECKELSEN, K.: Ordnen und Verstehen im physikalischen Bereich des Sachunterrichts. In: R. LAUTERBACH/W. KÖHNLEIN/K. SPRECKELSEN/E. KLEWITZ (Hrsg.): *Wege des Ordners*. Kiel 1992, S. 63–72.
- STEINER, G.: Analoge Repräsentation. In: H. MANDL/H. SPADA (Hrsg.): *Wissenspsychologie*. München/Weinheim 1988, S. 99–119.
- STRITTMATTER, P./SEEL, N. M.: Externe und interne Medien: Konzepte der Medienforschung. In: *Unterrichtswissenschaft* 12 (1984), S. 2–17.
- TERGAN, S.-O.: Psychologische Grundlagen der Erfassung individueller Wissensrepräsentationen. Teil I: Grundlagen der Wissensmodellierung. In: J. ENGELKAMP/TH. PECHMANN (Hrsg.): *Mentale Repräsentation*. Bern 1993, S. 103–116.
- TREINIES, G./EINSIEDLER, W./GLUMPLER, E.: Auswirkungen unterschiedlicher Methoden der Wissensstrukturierung im Unterricht. In: *Unterrichtswissenschaft* 16 (1988), S. 69–89.
- TREINIES, G./EINSIEDLER, W.: Hierarchische und bedeutungsnetzartige Lehrstoffdarstellungen als Lernhilfen beim Wissenserwerb im Sachunterricht der Grundschule. In: *Psychologie in Erziehung und Unterricht* 40 (1993), S. 263–277.
- VOLLMER, G.: Wissenschaft mit Steinzeitgehirnen? In: H. v. DITFURTH (Hrsg.): *Mannheimer Forum* 1986. Mannheim 1986, S. 9–61.
- VOSNIADOU, ST./BREWER, W. F.: Theories of knowledge restructuring in development. In: *Review of Educational Research* 57 (1987), S. 51–67.
- WEIDENMANN, B.: *Instruktionsmedien. Arbeiten zur Empirischen Pädagogik und Pädagogischen Psychologie* Nr. 27, Universität der Bundeswehr. Neubiberg 1993.
- WEIDENMANN, B.: Informierende Bilder. In: B. WEIDENMANN (Hrsg.): *Wissenserwerb mit Bildern*. Bern 1994, S. 9–58.
- WEINERT, F. E./SCHRADER, F.-W./HELMKE, A.: Quality of instruction and achievement outcomes. In: *International Journal of Educational Research* 13 (1989), S. 895–914.
- WEISKRANTZ, L.: Problems of learning and memory: one or multiple memory systems? In: J. R. KREBS/G. HORN (Hrsg.): *Behavioural and neural aspects of learning and memory*. Oxford 1991, S. 1–10.
- WIESNER, H.: Physikunterricht – an Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten orientiert. In: *Unterrichtswissenschaft* 23 (1995), S. 127–145.
- ZIMMER, H. D.: *Sprache und Bildwahrnehmung*. Frankfurt a. M. 1983.
- ZIMMER, H. D.: Von Repräsentationen, Modalitäten und Modulen. In: J. ENGELKAMP/TH. PECHMANN (Hrsg.): *Mentale Repräsentation*. Bern 1993, S. 93–102.

Abstract

The author enquires into the question whether modern theories of mental knowledge representation provide a basis for the development of specific methods of knowledge structuring in instruction. Suppositions concerning codes of knowledge, surface as well as deep structures, semantic networks, and multiple memory systems are reviewed. The author then discusses in how far measures of external structuring may support the internal organization of knowledge as well as the comprehension of relational knowledge. Within the section focusing on empirical research on teaching, results concerning the external representation of cognitive structures, hierarchical structuring, network representation, and mapping techniques are presented.

Anschrift des Autors:

Prof. Dr. Wolfgang Einsiedler, Universität Erlangen-Nürnberg, Institut für Grundschulforschung, Regensburger Str. 160, D-90478 Nürnberg